

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Стрижко Михаила Александровича на тему «Модификация системы управления автотранспортными потоками на регулируемых перекрестках на основе средств искусственного интеллекта», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки)

### Актуальность избранной темы

Непрерывное увеличение количества транспортных средств в городах России и всего мира ведет к постепенному истощению пропускной способности существующих улично-дорожных сетей. В связи с этим образование заторов на дорогах становится серьезной проблемой, которая приводит к снижению качества транспортных услуг, падению производительности труда, а также росту уровня загрязнения окружающей среды.

Для решения задачи повышения пропускной способности улично-дорожной сети городов выделяются два основных подхода: внесение инфраструктурных изменений и оптимизация регулирования дорожного движения. Первый вариант связан с большими капиталовложениями и, как правило, труднореализуем в условиях плотной городской застройки, поэтому данный подход целесообразен в случаях, когда достигнут максимальный эффект от средств регулирования дорожного движения в уже сложившейся улично-дорожной сети.

В свою очередь, современные тенденции развития систем автоматического управления, совершенствование технической базы и математического аппарата для их реализации, бурный рост отрасли искусственного интеллекта позволяют значительно повысить качество светофорного регулирования за счет увеличения скорости реакции системы на изменения дорожной обстановки, выработки более адекватных управляющих воздействий и увеличения объема информации о параметрах движения автотранспорта.

Таким образом, совершенствование системы управления автотранспортными потоками на регулируемых перекрестках на сегодняшний день является основным и наиболее предпочтительным способом повышения пропускной способности улично-дорожной сети городов, а тема исследования Стрижко М. А., бесспорно, актуальна.

### Оценка содержания и оформления диссертации

Диссертационная работа содержит 137 страниц машинописного текста и состоит из введения, трёх разделов, заключения, списка литературы из 101 источника на 12 страницах и 4 приложений. Иллюстрируется 54 рисунками и содержит 14 таблиц.

*С отзывом ознакомлен 05.05.2025  
соискатель Стрижко М. А. [подпись]*

|                                                             |            |
|-------------------------------------------------------------|------------|
| ФГБОУ ВО "ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ<br>ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ" |            |
| Вх. №                                                       | 16/82      |
| «05»                                                        | 05 2025 г. |

**Во введении** обоснована актуальность темы работы, проведен краткий обзор и анализ научной литературы по теме диссертации, сформулирована цель и задачи исследования, представлена научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы.

**В первом разделе** на основании анализа методов управления транспортными потоками на перекрестках со светофорным регулированием автор приходит к выводу, что существующие системы «жесткого» и интеллектуального управления автотранспортными потоками зачастую нечувствительны к микроколебаниям трафика и обеспечивают недостаточно высокое качество управления.

При рассмотрении известных математических моделей движения автотранспорта по улично-дорожной сети подчеркивается, что в данных моделях параметры трафика принимаются постоянными в течение цикла регулирования. В условиях выраженных колебаний интенсивности транспортного потока это может негативно сказываться на точности моделирования.

Соискатель также проводит анализ современных технических средств, лежащих в основе систем управления транспортными потоками, среди которых детекторы транспорта, необходимые для сбора данных о параметрах движения, технологии передачи данных и организации вычислений. Отмечается, что их применение позволяет увеличить объем информации о транспортном потоке, упростить масштабирование системы и оптимизировать использование вычислительных ресурсов.

Проведённый анализ отечественных и зарубежных литературных источников позволил сформулировать цель и задачи диссертационного исследования.

**Во втором разделе работы** рассмотрены получившие широкое применение модели задержки транспортных средств на перекрестках: модель М. Дж. Бэкманна, относящаяся к классу «точных» и модель Ф. В. Вебстера из класса «приближенных».

Для проверки адекватности данных моделей проведен ряд экспериментов на участке улично-дорожной сети г. Донецка. В результате установлено, что данные, полученные по модели Ф. В. Вебстера, в условиях города неадекватны экспериментальным данным, вследствие чего модель исключена из дальнейшего рассмотрения. Точность данных по модели М. Дж. Бэкманна варьируется в зависимости от степени неравномерности транспортного потока в течение цикла регулирования.

Соискатель выделяет основные факторы, влияющие на неравномерность транспортного потока в условиях светофорного регулирования, среди которых сдвиг разрешающей фазы регулирования на соседних перекрестках и интенсивность движения транспортных средств, вливающих в рассматриваемый поток из конфликтующих направлений на вышестоящем перекрестке.

Автором сформулировано выражение, учитывающее данные факторы при оценке задержки автотранспорта на перекрестке. Полученное выражение



предлагается использовать в виде дополнения исходной модели М. Дж. Бэкманна.

Установлено, что введение дополнительной составляющей в известную модель позволило достичь адекватности модельных данных экспериментальным для условий неравномерного транспортного потока. Расхождение между результатами моделирования и натурного эксперимента не превышает 5 %. Разработанная автором модификация делает модель М. Дж. Бэкманна применимой в условиях перекрестков с высокой степенью взаимного влияния по автотранспортному потоку при неравномерной интенсивности прибытия транспортных средств.

**В третьем разделе диссертации** рассматриваются задачи разработки структуры и определения параметров интеллектуальной системы управления автотранспортными потоками.

При синтезе системы управления автор стремится приблизить принцип её работы к действиям регулировщика, считая данный способ регулирования наиболее гибким. Отмечается также, что объем информации о состоянии транспортных потоков на подъездах к перекрестку при этом значительно увеличен. Управление в системе реализовано на основе методов нечеткой логики. Примечательно, что формирование управляющих воздействий при регулировании перекрёстков осуществляется не посредством приращения длительности фаз регулирования, а на основе оценки целесообразности переключения сигнала в текущий момент времени. По мнению автора, использование данной величины для формирования вектора сигналов светофоров позволяет приблизить процесс управления к логике действий регулировщика, повышая чувствительность системы к микроколебаниям транспортного потока по сравнению методами управления, основанными на оценке приращения длительности фаз.

Для оценки качества управления предложенной автором системы проведено её модельное исследование и сравнение с системой «жесткого» управления и известной в литературе системой адаптивного управления Я. Нииттимаки, основанной на методах нечеткой логики. Тестирование осуществляется для ряда перекрестков городов Донецка и Ростова-на-Дону, классифицированных тремя категориями по интенсивности и неравномерности движения для выявления особенностей работы системы в различных условиях. Согласно результатам проведенных исследований, предложенная автором система управления по сравнению с «жестким» управлением демонстрирует повышение качества на 39 % и по сравнению с системой управления Я. Нииттимаки – на 13 % в среднем для всех рассмотренных перекрестков.

В работе отмечено, что детекторы транспорта, установленные на соседних перекрестках, не всегда предоставляют полную информацию о загруженности участков дороги между ними. Восполнение недостающих данных об автотранспортном потоке предлагается осуществлять путем прогнозирования с использованием регрессионной нейросети прямого распространения.

Так как нейросетевое прогнозирование транспортного потока требует индивидуального обучения нейросети на каждом участке в отдельности, что приводит к необходимости больших объемов вычислительных ресурсов и обучающих данных, предлагается выделить наиболее распространенные типы участков дорожной сети и использовать на участке каждого типа нейросети, обученные на соответствующей выборке.

Проведено моделирование работы модифицированной системы управления, получающей информацию о транспортном потоке при помощи нейросетевого прогнозирования. В итоге видно, что использование прогнозных данных позволило обеспечить необходимый объем информации о трафике для реализации предложенного метода управления при снижении качества управления не более, чем на 1,92 % по сравнению с идеализированной системой, имеющей полную информацию об объекте.

Соискателем разработаны рекомендации по практическому использованию предложенных решений в виде трёх вариантов структурной схемы комплекса технических средств интеллектуальной системы управления с использованием технологий Интернета вещей и «облачных» вычислений в зависимости от степени освоения данных технологий в конкретном городе, а также библиотека программ, реализующих основные функции интеллектуальной системы управления транспортными потоками на программируемом логическом контроллере.

**В заключении** автор приводит общие выводы по результатам диссертационного исследования.

Текст диссертации изложен последовательно, грамотно, корректно, достаточно аргументирован. Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации.

### **Степень обоснованности, достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций**

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается методологической базой исследований, основанной на системном подходе, рациональном сочетании теоретических и экспериментальных методов исследования, корректностью поставленных задач.

Полученные автором результаты являются новыми научными знаниями. Их новизна заключается в развитии математических моделей описания автотранспортных потоков в условиях светофорного регулирования с учетом взаимного влияния параметров трафика; предложении осуществлять светофорное регулирование на основании интеллектуальной оценки целесообразности смены фазы регулирования; обосновании метода нейросетевого прогнозирования параметров трафика в «слепых» зонах на участках автомобильных дорог.



Значимость результатов работы подтверждается публикациями в 5 рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ведущих научных журналов, утверждённый ВАК РФ, апробацией на 3 конференциях.

### **Замечания**

Выполненные исследования имеют достаточно высокий научный уровень, однако следует обратить внимание на некоторые недостатки:

1. Для обоснования эффективности предложенной системы управления автором использованы ограниченные объемы экспериментальных данных. Следует провести более масштабные исследования в различных условиях, чтобы подтвердить универсальность и надежность системы.

2. Нет четкой обоснованности методологии выбора объектов исследования. Важно объяснить, почему выбраны конкретные перекрестки и условия для экспериментов, а также какие критерии использовались для оценки их репрезентативности. Это поможет улучшить научную основу исследований и повысить доверие к полученным результатам.

3. Неясно, почему автор ограничился рассмотрением только двух моделей задержки транспортных средств на перекрестках: модели М. Дж. Бэкманна и модели Ф. В. Вебстера.

4. При управлении отдельным перекрестком система использует информацию о трафике на достаточно больших расстояниях до смежного перекрестка и даже за ним. Насколько ситуации на дорогах, происходящие далеко от управляемого перекрестка, влияют на ситуацию на нём? Может быть, это влияние настолько незначительно, что им можно пренебречь?

5. Неполное освещение возможных рисков. Рекомендуются более подробно рассмотреть потенциальные риски и ограничения, связанные с внедрением интеллектуальных систем управления. Важно описать сценарии сбоев, возможные последствия и способы их минимизации.

Перечисленные замечания не влияют на значимость основных положений диссертационной работы.

### **Заключение**

Диссертация является завершённой научной работой, в которой решена актуальная задача повышения эффективности управления потоками автотранспортных средств при проезде регулируемых перекрестков, имеющая важное социально-экономическое значение.

По области исследований, содержанию научных положений и выводов, существу полученных результатов диссертационная работа соответствует паспорту специальности 2.3.3. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки).

Диссертационная работа отвечает требованиям пп. 9, 10, 11, 13, 14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 с изменениями (редакция от

16.10.2024), а её автор, Стрижко Михаил Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки).

**Официальный оппонент:**

Доктор технических наук по специальности 05.22.01 – «Транспортные и транспортно-технологические системы страны, её регионов и городов, организация производства на транспорте», доцент, ректор Автономной некоммерческой образовательной организации высшего образования «Донецкая академия транспорта»

Энглезе Ирина Павловна

Я, Энглезе Ирина Павловна, даю согласие на автоматизированную обработку моих персональных данных, указанных в отзыве, и размещение их на сайте ФГБОУ ВО ДонНТУ.

29.04.2025

Подпись И. П. Энглезе заверяю:  
Начальник отдела кадров

Бондаренко А.И.



Адрес: 283086, ДНР, г. Донецк, пр. Дзержинского, д. 7, Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Донецкая академия транспорта».

Тел.: +7 949 307-62-42

E-mail: rector@dat-dn.ru